

(19)日本国特許庁 (J P)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-51768

(43)公開日 平成8年(1996)2月20日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>  
H02M 1/00  
G01R 31/00  
31/26  
H02M 7/48

識別記号  
A  
G  
M 9181-5H

F I

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全8頁)

(21)出願番号 特願平6-188101

(22)出願日 平成6年(1994)8月10日

(71)出願人 000006105

株式会社明電舎

東京都品川区大崎2丁目1番17号

(72)発明者 杉浦 寛文

東京都品川区大崎二丁目1番17号 株式会

社明電舎内

(74)代理人 弁理士 光石 俊郎 (外1名)

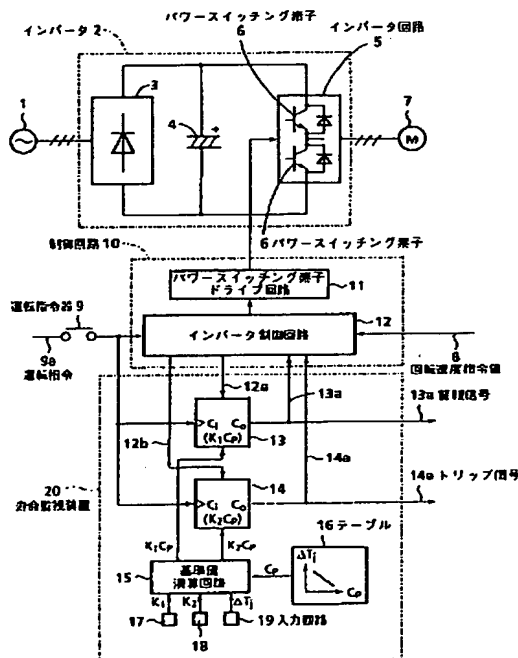
(54)【発明の名称】 パワースイッチング素子の寿命監視装置及び同寿命監視装置を有するパワースイッチング素子を用いた装置

(57)【要約】

【目的】 インバータ等に用いられているパワースイッチング素子を、パワーサイクルによる寿命に至る前に、保護すること。

【構成】 パワースイッチング素子のジャンクション温度差 $\Delta T_j$ とパワーサイクル $C_j$ との相関関係から、インバータ2におけるパワースイッチング素子6のジャンクション温度差 $\Delta T_j$ に対応するパワーサイクル $C_j$ を寿命と推定し、カウンタ13、14でインバータ2の運転回数をカウントし、カウンタ13ではカウント値が基準値 $K_1 C_j$  ( $K_1$ は例えば0.7~0.8)を越えた時に警報信号13aを出力し、カウンタ14ではカウント値が基準値 $K_2 C_j$  (但し、 $K_1 < K_2$ で例えば $K_2$ は0.9~1.0)を越えた時にトリップ信号14aを出力してインバータ2を強制的に停止させる。

実施例



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 パワースイッチング素子のパワーサイクルによる寿命を推定する寿命推定手段と、推定した寿命に至る前にパワースイッチング素子の保護を指示する信号を出力する保護指示手段と、を具備することを特徴とするパワースイッチング素子の寿命監視装置。

【請求項 2】 前記寿命推定手段は、前記パワースイッチング素子のチップのジャンクション温度の温度差即ちジャンクション温度差と同パワースイッチング素子のパワーサイクルとの関係を予めパワーサイクル特性として格納した記憶手段と、同パワースイッチング素子が用いられている装置の運転時と停止時との間での同パワースイッチング素子のジャンクション温度差を入力し、このジャンクション温度差に対応するパワーサイクルを前記記憶手段のパワーサイクル特性から求め同パワースイッチング素子の寿命とする演算手段からなること、を特徴とする請求項 1 記載のパワースイッチング素子の寿命監視装置。

【請求項 3】 前記保護指示手段は、前記パワースイッチング素子が用いられている装置の運転回数を計数し、その計数値が基準値を越えた時に保護指示信号として警報信号を出力する計数手段と、前記記憶手段のパワーサイクル特性から求めたパワーサイクルに 1 未満の係数を乗じて前記基準値とする演算手段からなること、を特徴とする請求項 2 記載のパワースイッチング素子の寿命監視装置。

【請求項 4】 前記保護指示手段は、前記パワースイッチング素子が用いられている装置の運転回数を計数し、その計数値が基準値を越えた時に保護指示信号として同装置を停止させるトリップ信号を出力する計数手段と、前記記憶手段のパワーサイクル特性から求めたパワーサイクルに 1 未満の係数を乗じて前記基準値とする演算手段からなること、を特徴とする請求項 2 記載のパワースイッチング素子の寿命監視装置。

【請求項 5】 請求項 1 から 3 のうちいずれか一つに記載したパワースイッチング素子の寿命監視装置を具備したことを特徴とするパワースイッチング素子を用いた装置。

【請求項 6】 請求項 4 に記載したパワースイッチング素子の寿命監視装置と、同寿命監視装置のトリップ信号により運転を停止する制御手段と、を具備したことを特徴とするパワースイッチング素子を用いた装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明はパワースイッチング素子を用いた装置に関し、特に、パワーサイクルによってパワースイッチング素子が破壊する前に、同素子の破壊を防止したり、あるいは保守の時期を把握するための技術に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 パワースイッチング素子を用いた装置の一例として、図 3 により、インバータを説明する。図 3 において、インバータ 2 は整流回路 3 と平滑回路 4 とインバータ回路 5 から構成され、インバータ回路 5 にはパワートランジスタや IGBT 等のパワースイッチング素子 6 が適当数含まれている。

【0003】 インバータ 2 の動作として、第 1 には、交流入力電源 1 から例えば商用三相交流を入力して整流回路 3 と平滑回路 4 とにより直流電力に変換し、第 2 には、直流電力をインバータ回路 5 内のパワースイッチング素子 6 のスイッチングにより例えば 3 相の所定周波数の交流に変換し、モータ 7 に与える。その結果、モータ 7 はインバータ回路 5 から与えられる交流電力の周波数に応じた回転速度で駆動される。

【0004】 インバータ 2 に対する制御回路 10 はパワースイッチング素子用ドライブ回路 11 とインバータ制御回路 12 から構成され、インバータ制御回路 12 にはモータ回転速度の指令値 8 が入力され、また運転指令器としてのスイッチ 9 を通して運転指令 9a が入力される。制御回路 10 の動作として、スイッチ 9 がオンの間は、指令値 8 に応じた周波数の交流電力をインバータ回路 5 が生成するのに必要な各パワースイッチング素子 6 のオン／オフを行わせるためのタイミング制御信号を、指令値 8 に応じてインバータ制御回路 12 が生成し、このタイミング制御信号をパワースイッチング素子 6 がオン／オフするのに必要なレベルまでドライブ回路 11 が増幅して、パワースイッチング素子 6 をオン／オフさせる。即ち、スイッチ 9 がオンの間、インバータ 2 が運転状態になり、モータ 7 が回転する。スイッチ 9 がオフの間は、インバータ制御回路 12 はインバータ回路 5 内の全てのパワースイッチング素子 6 をオフにさせる制御信号を生成する。即ち、スイッチ 9 がオフの間、インバータ 2 が停止状態になり、モータ 7 が停止する。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかし従来は、インバータ 2 などパワースイッチング素子を用いた装置では、パワーサイクルによるパワースイッチング素子の寿命を考慮していないため、同素子が破壊するまで寿命が尽きたことが分らないという問題点がある。

【0006】 <パワーサイクルの説明> ここで、パワーサイクルについて述べる。

(1) まず、インバータ 2 など、パワースイッチング素子を用いた装置では、同装置の運転時にはパワースイッチング素子が発熱してチップのジャンクション温度が上昇し、同装置の停止時には発熱が止ってジャンクション温度が低下する。そのため、運転と停止の繰り返しによりパワースイッチング素子のチップ部分が熱膨脹と熱収縮を繰り返す。

(2) 一方、パワースイッチング素子は一般に熱膨脹係数の異なる種々の材料を使って組み立てられているた

め、特にボンディングワイヤ部がパワースイッチング素子の発熱により温度上昇すると、チップのコート剤であるエンキャップの熱膨脹応力により徐々にボンディングワイヤがチップから剥離させられはじめ、装置の運転と停止の繰り返しにより最終的には、ボンディングワイヤが完全に剥離してオープン状態になる。即ち、パワースイッチング素子の不良あるいは破壊に至る。

(3) このボンディングワイヤが熱膨脹応力により完全に剥離して不良あるいは破壊に至るまでの熱膨脹と熱収縮のサイクルがパワーサイクルと呼ばれる。

【0007】従って、インバータ2をACサーボ装置あるいはエレベータのモータ駆動に用いた場合など、運転と停止の繰り返し頻度が高い装置では、特にパワーサイクルによりパワースイッチング素子の寿命が短くなるので、何らかの対策が必要である。

【0008】本発明は上述した事情に鑑み、パワーサイクルによるパワースイッチング素子の寿命を監視し、寿命が尽きる前にパワースイッチング素子の保守の時期を把握したり、同素子の破壊を防止することを可能とする装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成する第1の発明に係るパワースイッチング素子の寿命監視装置は、パワースイッチング素子のパワーサイクルによる寿命を推定する寿命推定手段と、推定した寿命に至る前にパワースイッチング素子の保護を指示する信号を出力する保護指示手段と、を具備することを特徴とするものである。

【0010】また、第2の発明に係るパワースイッチング素子の寿命監視装置は、前記寿命推定手段が、前記パワースイッチング素子のチップのジャンクション温度の温度差即ちジャンクション温度差と同パワースイッチング素子のパワーサイクルとの関係を予めパワーサイクル特性として格納した記憶手段と、同パワースイッチング素子が用いられている装置の運転時と停止時との間での同パワースイッチング素子のジャンクション温度差を入力し、このジャンクション温度差に対応するパワーサイクルを前記記憶手段のパワーサイクル特性から求め同パワースイッチング素子の寿命とする演算手段からなること、を特徴とするものである。

【0011】更に、第3の発明に係るパワースイッチング素子の寿命監視装置は、前記保護指示手段が、前記パワースイッチング素子が用いられている装置の運転回数を計数し、その計数値が基準値を越えた時に保護指示信号として警報信号を出力する計数手段と、前記記憶手段のパワーサイクル特性から求めたパワーサイクルに1未満の係数を乗じて前記基準値とする演算手段からなること、を特徴とするものである。

【0012】また更に、第4の発明に係るパワースイッチング素子の寿命監視装置は、前記保護指示手段が、前

記パワースイッチング素子が用いられている装置の運転回数を計数し、その計数値が基準値を越えた時に保護指示信号として同装置を停止させるトリップ信号を出力する計数手段と、前記記憶手段のパワーサイクル特性から求めたパワーサイクルに1未満の係数を乗じて前記基準値とする演算手段からなること、を特徴とするものである。

【0013】一方、上記目的を達成する第5の発明に係るパワースイッチング素子を用いた装置は、第1の発明から第3の発明のうちいずれか一つの発明に係るパワースイッチング素子の寿命監視装置を具備したことを特徴とするものである。

【0014】また、第6の発明に係るパワースイッチング素子を用いた装置は、第4の発明に係るパワースイッチング素子の寿命監視装置と、同寿命監視装置のトリップ信号により運転を停止する制御手段と、を具備したことを特徴とするものである。

【0015】

【作用】第1の発明では、パワースイッチング素子の寿命をパワーサイクルにより推定し、寿命に至る前に保護指示信号を出力する。この保護指示信号を利用することにより、パワースイッチング素子の破壊前に、同素子を新品に交換すべき保守の時期と判断したり、同素子を用いている装置の運転を停止して同素子の破壊を防止することが可能となる。

【0016】第2の発明では、パワースイッチング素子のパワーサイクル特性を利用して寿命を推定する。即ち、パワースイッチング素子を用いた装置の運転と停止を行った場合、前述の如くパワースイッチング素子のチップのジャンクション温度に温度差が生じる。パワーサイクルはこのジャンクション温度差と深い相関関係があり、図2に例示するように、ジャンクション温度差 $\Delta T_j$ が高い程パワーサイクルC<sub>j</sub>が短く（短寿命）、ジャンクション温度差 $\Delta T_j$ が低い程パワーサイクルC<sub>j</sub>が長い（長寿命）というパワーサイクル特性がある。そこで、使用するパワースイッチング素子の技術資料により、あるいは実験等により、図2に示すようなパワーサイクル特性を予め用意しておき、ジャンクション温度差 $\Delta T_j$ を設定すれば、パワーサイクル特性から簡単にパワースイッチング素子の寿命を推定することができる。ジャンクション温度差 $\Delta T_j$ はパワースイッチング素子を用いた装置の運転と停止を実験的に行って求めることもでき、あるいは、同装置におけるパワースイッチング素子の電力損失の計算と放熱特性等から計算によって求めることもできる。但し、ジャンクション温度差 $\Delta T_j$ の値は装置の運転と停止における代表的な一点を選び固定値とするのが好ましい。これはジャンクション温度差 $\Delta T_j$ の値は通常変化するが、 $\Delta T_j$ の値が変化すると図2のようなパワーサイクル特性から寿命を計算するのが非常に難しくなること、及び代表的な値を用いても大

10

20

30

40

50

きな誤差が生じないことによる。

【0017】第3の発明では、パワースイッチング素子の寿命と推定したパワーサイクルに1未満の係数を乗じて基準値にし、同パワースイッチング素子を用いた装置の運転回数が基準値を越えた時に警報信号を出力する。この警報信号を利用することにより、パワースイッチング素子の破壊前に、同素子を新品に交換すべき保守の時期と判断したり、同素子を用いている装置の運転を停止して同素子の破壊を防止することが可能となる。

【0018】第4の発明では、パワースイッチング素子の寿命と推定したパワーサイクルに1未満の係数を乗じて基準値とし、同パワースイッチング素子を用いた装置の運転回数が基準値を越えた時にトリップ信号を出力する。このトリップ信号を利用することにより、パワースイッチング素子の破壊前に、同素子を用いている装置の運転を停止して同素子の破壊を防止することが可能となり、また停止中に新品と交換することも可能となる。

【0019】第5の発明では、パワースイッチング素子の寿命監視装置を具備しているので、使用中のパワースイッチング素子の破壊前に、同素子を新品に交換すべき保守の時期と判断したり、同素子を用いてなる装置の運転を停止して同素子の破壊を防止することが可能となる。

【0020】第6の発明によれば、トリップ信号を出力する寿命監視装置と、トリップ信号により運転を停止する制御手段とを具備しているので、使用中のパワースイッチング素子の破壊前に同素子を用いている装置の運転が自動的に停止して、同素子の破壊を未然に防止する。また、この時にパワースイッチング素子を新品と交換することができる。

#### 【0021】

【実施例】以下、図面を参照して本発明とその一実施例を説明する。図1にはパワースイッチング素子を用いた装置の一例としてインバータ2が、その制御回路10及び寿命監視装置20と共に示されている。

【0022】図1において、インバータ2は従来例と同じく、整流回路3と平滑回路4とインバータ回路5から構成され、インバータ回路5にはパワートランジスタやIGBT等のパワースイッチング素子6が適当数含まれている。また、インバータ2の動作も従来例と同じであり、第1には、交流入力電源1から例えば商用三相交流を入力して電流回路3と平滑回路4とにより直流電力に変換し、第2には、直流電力をインバータ回路5内のパワースイッチング素子6のスイッチングにより例えば3相の所定周波数の交流に変換し、モータ7に与える。その結果、モータ7はインバータ回路5から与えられる交流電力の周波数に応じた回転速度で駆動される。

【0023】インバータ2に対する制御回路10は従来例と同じくパワースイッチング素子用ドライブ回路11とインバータ制御回路12から構成されるが、インバー

タ制御回路12にはモータ回転速度の指令値8が入力され、また運転指令器としてのスイッチ9を通して運転指令9aが入力されるだけでなく、後述する如く寿命監視装置20から警報信号13a及びトリップ信号14aが入力される。また、インバータ制御回路12から寿命監視装置20に対し、後述する如く制御信号としてリセット信号12a、12bが出力される。

【0024】制御回路10の動作として、基本的には従来例と同じく、スイッチ9がオンの間は、指令値8に応じた周波数の交流電力をインバータ回路5が生成するのに必要な各パワースイッチング素子6のオン／オフを行わせるためのタイミング制御信号を、指令値8に応じてインバータ制御回路12が生成し、このタイミング制御信号をパワースイッチング素子6がオン／オフするのに必要なレベルまでドライブ回路11が増幅して、パワースイッチング素子6をオン／オフさせる。即ち、スイッチ9がオンの間、インバータ2が運転状態になり、モータ7が回転する。但し、スイッチ9がオンの間でも、トリップ信号14aを入力した場合には、インバータ制御回路12は全てのパワースイッチ素子6をオフにさせる制御信号を生成し、インバータ2を強制的に停止させる。また、警報信号13aを入力した場合には、インバータ制御回路12は図示省略の警報器を作動させ、音や発光によりパワースイッチング素子6を保守すべき時期が来たことを係員に知らせて、新品との交換を促す。パワースイッチング素子6を新品と交換した場合は、その旨を図示省略したりリセットスイッチ等により係員が入力することにより、インバータ制御回路12から寿命監視装置20に対してリセット信号12a、12bを出力する。

【0025】スイッチ9がオフの間は、従来例と同じくインバータ制御回路12はインバータ回路5内の全てのパワースイッチング素子6をオフにさせる制御信号を生成する。即ち、スイッチ9がオフの時、インバータ2が停止状態になり、モータ7が停止する。

【0026】＜パワースイッチング素子の寿命監視装置＞寿命監視装置20はカウンタ13及びカウンタ14と、基準値演算回路15と、メモリ（テーブル）16から構成され、各カウンタ13、14には運転指令器9のオン毎に運転指令9aが入力され、基準値演算回路15から基準値 $K_1$ 、 $C_1$ 、 $K_2$ 、 $C_2$ が入力され、またインバータ制御回路12からリセット信号12a、12bが入力される。また基準値演算回路15には、ジャンクション温度差 $\Delta T$ 、設定用の入力回路19と、基準値算出用係数 $K_1$ 、 $K_2$ 、設定用の入力回路17、18が接続されている。

【0027】まず、メモリ16には、インバータ2に用いられているパワースイッチング素子6のパワーサイクル特性、即ち図2に示すようなジャンクション温度 $\Delta T$ とパワーサイクル $C_1$ との相関関係が予めテーブルの形で格納されている。

【0028】基準値演算回路15は、入力回路19によりジャンクション温度差 $\Delta T_j$ を設定されると、このジャンクション温度差 $\Delta T_j$ に対応するパワーサイクル $C_j$ をメモリ16から読み出し、パワースイッチング素子6の寿命として推定する。更に、基準値演算回路15は、入力回路17により係数 $K_i$  ( $0 < K_i < 1$ ) が設定されると、パワーサイクル $C_j$ に係数 $K_i$ を乗じ、その値 $K_i C_j$ を警報用基準値としてカウンタ13に与える。同様に、入力回路18により係数 $K_r$  ( $K_r < K_i < 1$ ) が設定されると、パワーサイクル $C_j$ に係数 $K_r$ を乗じ、その値 $K_r C_j$ をトリップ用基準値としてカウンタ14に与える。

【0029】カウンタ13はカウントアップ形のものであり、基準値演算回路15から与えられた基準値 $K_i C_j$ を設定値とし、スイッチ9のオン毎に入力される運転指令9aの入力回数を運転回数としてカウントし、カウント値 $C_i$ が増大して設定値(基準値) $K_i C_j$ を越えた時に、警報信号13aをインバータ制御回路12及び外部に出力する。なお、インバータ制御回路12からリセット信号12aを入力すると、カウンタ13は警報信号を停止し、同時にカウント値をゼロに戻す。

【0030】カウンタ14は同じくカウントアップ形のものであり、基準値演算回路15から与えられた基準値 $K_r C_j$ を設定値とし、スイッチ9のオン毎に入力される運転指令9aの入力回数を運転回数としてカウントし、カウント値 $C_r$ が増大して設定値(基準値) $K_r C_j$ を越えた時に、トリップ信号14aをインバータ制御回路12及び外部に出力する。なお、インバータ制御回路12からリセット信号12bを入力すると、カウンタ14はトリップ信号を停止し、同時にカウント値をゼロに戻す。

【0031】<寿命監視装置の使い方>次に寿命監視装置20の使い方の一例を説明する。

(1) まず、メモリ16にパワーサイクル特性を格納する。

(2) 次に、ジャンクション温度差 $\Delta T_j$ の代表的な値(固定値)を電力損失計算に基づいて決定し、入力回路19により基準値演算回路15に設定する。

(3) 次に、係数 $K_i$ を例えば $0.7 \leq K_i \leq 0.8$ の範囲で、また係数 $K_r$ を $0.9 \leq K_r < 1.0$ の範囲で、それぞれ入力回路17, 18により基準値演算回路15に設定する。

(4) その後は、インバータ2の運転回数 $C_j$ をカウンタ13, 14がカウントし、 $K_i C_j < C_i$ の時にカウンタ13が警報信号13aを出力するので、係員が警報に応じてインバータ2の運転を停止し、早目にパワースイッチング素子6を新品に交換する。この時、リセットスイッチ等进行操作して、カウンタ13及び14をリセットさせる。これにより、運転再開から運転回数をカウントし直す。

(5) 警報信号13aが出力されたまま放置しておくと、警報が続く、そのうちにカウンタ14が $K_r C_j < C_r$ の時にトリップ信号14aを出力し、これによりインバータ2の運転が自動的に停止するので、係員がパワースイッチング素子6を新品と交換する。この時も、リセットスイッチ等进行操作して、カウンタ13及び14をリセットさせる。これにより、交換後の運転再開から運転回数をカウントし直す。

【0032】なお、図1ではインバータ2と、制御回路10と、寿命監視装置20とが別々のもののように見えるが、制御回路10及び寿命監視装置20をインバータ2内部に設けても良く、あるいはインバータ2外部に設けても良い。

【0033】

【発明の効果】第1の発明によれば、パワースイッチ素子の寿命をパワーサイクルにより推定し、寿命に至る前に保護指示信号を出力するので、この保護指示信号を利用してパワースイッチング素子の破壊前に、同素子を新品に交換すべき保守の時期と判断したり、同素子を用いている装置の運転を停止して同素子の破壊を防止することが可能となる。

【0034】第2の発明によれば、パワースイッチング素子のパワーサイクル特性からジャンクション温度差に対応するパワーサイクルを求めることにより寿命を推定するので、寿命の推定が簡単且つ容易である。

【0035】第3の発明によれば、パワースイッチング素子の寿命と推定したパワーサイクルに1未満の係数を乗じて基準値にし、同パワースイッチング素子を用いた装置の運転回数が基準値を越えた時に警報信号を出力するので、この警報信号を利用してパワースイッチング素子の破壊前に、同素子を新品に交換すべき保守の時期と判断したり、同素子を用いている装置の運転を停止して同素子の破壊を防止することが可能となる。

【0036】第4の発明によれば、パワースイッチング素子の寿命と推定したパワーサイクルに1未満の係数を乗じて基準値とし、同パワースイッチング素子を用いた装置の運転回数が基準値を越えた時にトリップ信号を出力するので、このトリップ信号を利用してパワースイッチング素子の破壊前に、同素子を用いている装置の運転を強制的に停止して同素子の破壊を防止することが可能となる。

【0037】第5の発明によれば、パワースイッチング素子の寿命監視装置を具備しているので、使用中のパワースイッチング素子の破壊前に、同素子を新品に交換すべき保守の時期と判断したり、同素子を用いてなる装置の運転を停止して同素子の破壊を防止することが可能となる。

【0038】第6の発明によれば、トリップ信号を出力する寿命監視装置と、トリップ信号により運転を停止する制御手段とを具備しているので、使用中のパワースイ

10

20

30

40

50

ッティング素子の破壊前に同素子を用いている装置の運転が自動的に停止して、同素子の破壊を未然に防止する。

また、この時にパワースイッチング素子を新品と交換することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の一実施例を示す図。

【図 2】パワーサイクル特性を示す図。

【図 3】従来例を示す図。

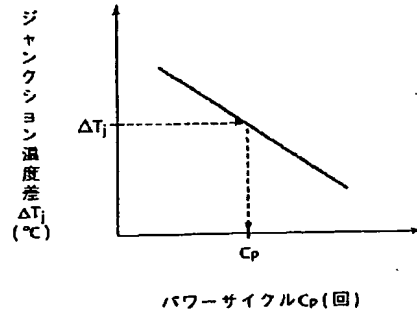
【符号の説明】

- 1 交流入力電源
- 2 インバータ
- 3 整流回路
- 4 平滑回路
- 5 インバータ回路
- 6 パワースイッチング素子
- 7 モータ
- 8 回転速度の指令値
- 9 運転指令器（スイッチ）

- 9 a 運転指令
- 10 制御回路
- 11 ドライブ回路
- 12 インバータ制御回路
- 12 a, 12 b リセット信号
- 13 カウンタ（計数手段）
- 13 a 警報信号
- 14 カウンタ（計数手段）
- 14 a トリップ信号
- 10 15 基準値演算回路（演算手段）
- 16 メモリ（記憶手段）
- 17, 18 係数設定用入力回路
- 19 ジャンクション温度差設定用入力回路
- 20 寿命監視装置
- C<sub>p</sub> パワーサイクル
- $\Delta T_j$  ジャンクション温度差
- K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub> 係数
- K<sub>1</sub> C<sub>p</sub>, K<sub>2</sub> C<sub>p</sub> 基準値

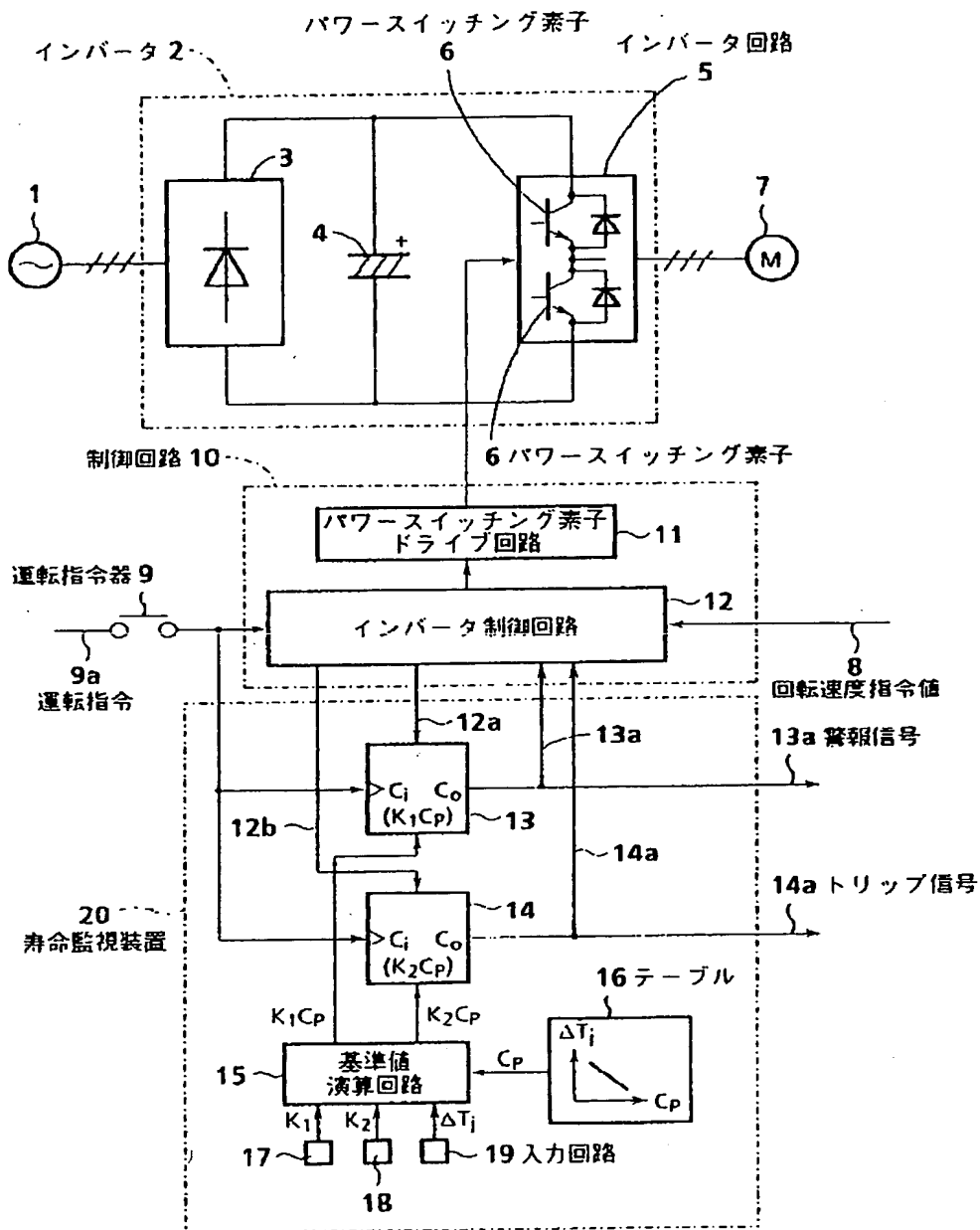
【図 2】

ジャンクション温度差とパワーサイクルの相関関係  
(パワーサイクル特性)



【図1】

## 実施例



【図3】

従 来

